

令和7年度 OpenFOAM による格納容器熱流動挙動
に関する CFD 解析

仕様書

1 一般仕様

1.1 件名

「令和 7 年度 OpenFOAM による格納容器熱流動挙動に関する CFD 解析」

1.2 目的及び概要

原子力機構では、大型模擬格納容器 CIGMA を用いて、シビアアクシデント時の格納容器熱流動挙動に着目し、格納容器健全性の観点から格納容器閉じ込め機能評価において重要なトップヘッドフランジ加熱実験を行っている。本作業では、本実験に基づくオープンソース CFD コード OpenFOAM による流体-構造体熱連成解析を実施し、実験結果等との比較検証を行う。

1.3 契約範囲

- (1) 解析メッシュの作成
- (2) OpenFOAM による格納容器熱流動解析
- (3) 報告書作成

1.4 納期

令和 8 年 2 月 13 日（金）

1.5 納入場所及び納入条件

1.5.1 納入場所

日本原子力研究開発機構 安全研究センター 熱水力安全研究グループ
(原子力科学研究所 安全研究棟 東 304 号室)

1.5.2 納入条件

持ち込み渡しとする。

1.6 検収条件

1.7 で定める提出物が全て納入され、その内容が本仕様書の記載事項に合致している事を原子力機構が承認した時をもって、検収合格とする。

1.7 提出物

1.7.1 提出図書等

(1) 実施要領書（従事者名簿、工程表を含む）

契約後及び変更の都度速やかに 1 部

(2) 作業報告書 納品時 1 部

(3) 本契約で開発したソースコード、CAD データ、メッシュデータ、解析入力・結果データ、作業報告書（MS Word 文書）、作業報告書に掲載されたグラフデータ等を含むファイル等の電子データ

納品時 1 式

(4) 打合せ議事録 その都度 1 部

1.7.2 報告書様式

報告書は、ワードプロセッサ（MS Word）形式を使用し、ページ寸法は A4 を原則とし、Word ファイル及び PDF ファイルを提出すること。

1.7.3 解析結果データ

解析結果の時系列データを間引かないこと。

1.8 貸与品

昨年度までの解析結果等を無償で貸与する。

また、本作業で使用する OpenFOAM のソースコードは OpenFOAM の公式ホームページからダウンロードして用いること。OpenFOAM のバージョンは契約締結後に協議の上、決定する。

1.9 原子力機構大型計算機の使用

受注者は、本作業の実施にあたり、原子力機構の大型計算機を使用しない。

1.10 機密事項

受注者及び作業担当者は、本作業のために入手した情報等を本作業の実施以外の目的に使用してはならない。また、他へ開示してはならない。

1.11 権利の帰属等

この業務により作成された目的物（上記納入品目に定める成果報告書等）に係る著作権その他の目的物の使用、収益及び処分（複製、翻訳、翻案、変更、譲渡・貸与及び二次的著作物の利用を含む）に関する権利は、当機構に帰属するものとする。

1.12 協議

本作業を円滑に遂行するため、必要に応じて協議・打合せするものとする。この協議・打合せの主要な内容は議事録として、次回の協議等までに提出すること。また、作業において問題が生じた場合、受注者は遅滞無く原子力機構に報告し、両者の協議により対策を決めることとする。本仕様書に記載されている事項及び本仕様書に記載のない事項について疑義が生じた場合は、原子力機構と協議のうえ、その決定に従うものとする。

1.13 検収条件

「1.7.1 提出図書等」の確認並びに、原子力機構が仕様書の定める業務が実施されたと認められた時を以て、業務完了とする。

1.14 保証

検収後 1 年以内に判明した入力コード、ソースコードの不備等で、~~納入者受~~

注者の責に帰すべき事項については、無償にて速やかに対処を行うこと。

1.15 特記事項

- (1) 詳細な作業内容については、原子力機構担当者と十分に打ち合わせた上で実施することとする。
- (2) 受注者は業務を実施することにより取得した当該業務及び作業に関する各データ、技術情報、成果その他のすべての資料及び情報を原子力機構の施設外に持ち出して発表もしくは公開し、または特定の第三者に対価をうけ、もしくは無償で提供することはできない。ただし、あらかじめ書面により原子力機構の承認を受けた場合はこの限りではない。
- (3) 受注者は異常事態等が発生した場合、原子力機構の指示に従い行動するものとする。また、契約に基づく作業等を起因として異常事態等が発生した場合、受注者がその原因分析や対策検討を行い、主体的に改善するとともに、結果について機構の確認を受けること。

1.16 検査員及び監督員

検査員

- (1) 一般検査 管財担当課長

監督員

- (1) 提出物検査 安全研究センター 熱水力安全研究グループ員

1.17 グリーン購入法の推進

- (1) 本契約において、グリーン購入法（国等による環境物品等の調達法の推進等に関する法律）に適用する環境物品（事務用品、OA機器等）が発生する場合は、これを採用するものとする。
- (2) 本仕様に定める提出図書（納入印刷物）については、グリーン購入法の基本方針に定める「紙類」の基準を満たしたものであること。

2 技術仕様

2.1 CIGMA 体系の計算メッシュの作成

本作業で実施する CFD 解析の対象である CIGMA 装置上部の概要を図 1 に示す。なお、図 1 に示すように、蒸気噴流ノズルからトップヘッドフランジ周辺の流体領域及びトップヘッドフランジの構造体領域を模擬する。複雑形状の再現は不要であるが、実験装置に基づきサイズを正確に再現すること。計算メッシュは、blockMesh もしくは OpenFOAM の計算メッシュユーティリティを用いて作成すること。計算メッシュは、構造体と接する流体側第一セルの高さを $y^+ < 1$ とし、流体と接する構造体側第一セル高さも同サイズとすること。また、流体及び構造体の総メッシュ数が 300～数千万セル程度の計算メッシュを 2～3 ケース作成し、格子依存性を確認すること。

2.2 OpenFOAM による衝突噴流解析

OpenFOAM を用いて、高温に加熱された蒸気噴流を図 1 に示すような CIGAMA 試験容器のトップヘッドフランジに当てることで、フランジを加熱させる。以下に主な条件を示す。

- 初期条件は大気圧、120 °C 程度の空気単体。温度分布は、提供される実験データを参考に setFields 機能を利用して、設定すること。
- 容器中心ラインから 0.65 m、ノズル出口からフランジ壁面距離は EL 189 m、ノズル径 41.2 mm
- 蒸気流量：15 g/s（実験開始直後ノズル出口流速：32 m/s）程度とし、時間変化をテーブル等で設定すること。
- 蒸気温度：室温～530 °C（排気バルブ開）とし、時間変化をテーブル等で設定すること。
- ノズル出口 Reynolds 数：15000
- 壁面衝突速度：7.2 m/s

- 粘性低層厚さ：～4 mm
- 側壁（トップヘッドフランジを除く）温度：断熱（もしくは熱流束で与える）
- 計算時間：4000 秒
- ケース数：1～2 ケース

計算の不安定性や時間進展の観点から、上記の解析時間が現実的ではないと判断された場合は、機構担当者との協議の上、解析時間を妥当なものに変更する。その際、解析ソルバの中でどこがボトルネックになっているのかを明らかにして、報告書に記載すること。

解析条件は以下の通りである。

- 噴流のノズル内の流れは考慮せず、ノズル出口部に流入条件（流量及び温度）を設定する。
- 時間刻みはクーラン数が最大で 1.0 程度になるようにする。
- 計算が不安定になる場合は、適切に計算が終了するよう OpenFOAM におけるソースコード、もしくは入力ファイルの改良等を行う。
- 乱流モデル：kOmegaSST

解析結果は、Tawfek の衝突噴流熱伝達の相関式[1]、既往の実験結果（流体温度分布及びガスケット内側 4 点の構造体壁温度）と比較する。

その他、解析及び結果の評価に関する詳細は、契約締結後に機構担当者との打ち合わせ時に説明する。

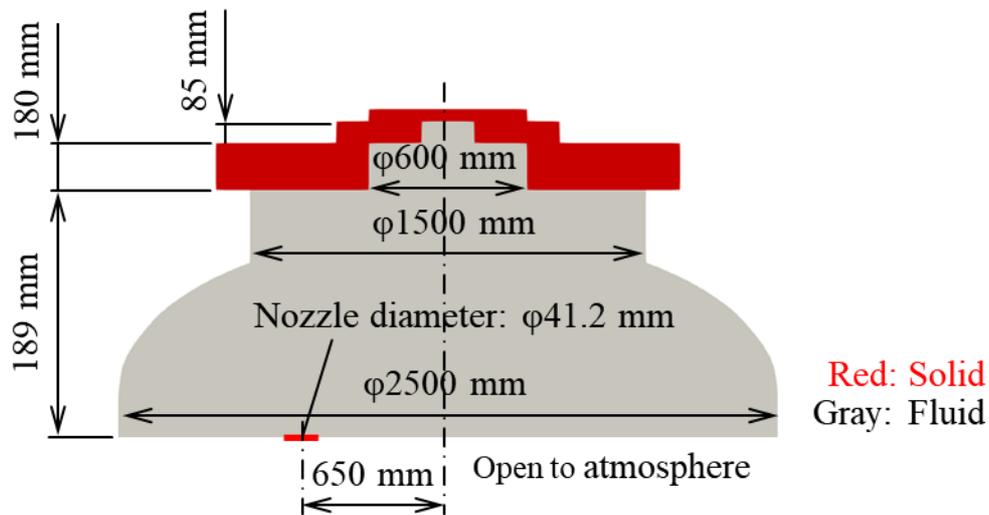


図1 解析概要

2.3 報告書作成

上記作業に関する報告書を作成すること。一連の解析実行作業に関して、留意点及び問題点に関する記述等も含むこと。

以上

参考文献

- [1] Tawfek, A.A., Heat transfer and pressure distributions of an impinging jet on a flat surface, Heat and Mass Transfer/Waerme- und Stoffuebertragung, 32(1-2), 49-54, (1996).

情報セキュリティ強化に係る特約条項

受注者（以下「乙」という。）は、本契約の履行に当たり、情報セキュリティの強化のため、契約条項記載の情報セキュリティに係る遵守事項に加え、以下に特約する内容を遵守するものとする。

（情報セキュリティインシデント発生時の対処方法及び報告手順）

第1条 乙は、情報セキュリティインシデントが発生した際の対処方法（受注業務を一時中断することを含む。）及び発注者（以下「甲」という。）に報告する手順について整備しておかなければならない。

（情報セキュリティ強化のための遵守事項）

第2条 乙は、次の各号に掲げる事項を遵守するほか、甲の情報セキュリティ強化のために、甲が必要な指示を行ったときは、その指示に従わなければならない。

- (1) この契約の業務を実施する場所を、情報セキュリティを確保できる場所に限定し、それ以外の場所で作業をさせないこと。
- (2) 業務担当者に遵守すべき情報セキュリティ対策について教育・訓練等を受講させるとともに、業務担当者には甲の情報セキュリティ確保に不断に取り組み、甲の情報及び情報システムの保護に危険を及ぼす行為をしないよう誓約させること。また、業務担当者の異動・退職等の際には異動・退職後も守秘義務を負うことを誓約させ、これを遵守させること。
- (3) 暗号化を要する場合は、「電子政府推奨暗号リスト」に記載された暗号化方式を実装し、暗号鍵を適切に管理すること。
- (4) 甲の承諾のない限り、この契約に関して知り得た情報を受注した業務の遂行以外の目的で利用しないこと。
- (5) 甲が提供する情報を取り扱う情報システムへの不正アクセスを検知・抑止するために、ログを取得・監視し全ての業務担当者についてシステム操作履歴を取得すること。
- (6) 甲が提供する情報を格納する装置、機器、記録媒体及び紙媒体について、業務担当者のみがアクセスできるよう施錠管理や入退室管理を行い、セキュアな記録媒体の使用や使用を想定しないUSBポートの無効化、機器等の廃棄時・再利用時のデータ抹消など想定外の情報利用を防止すること。
- (7) 情報システムの変更に係る検知機能やログ解析機能を実装し、外部ネットワークへの接続を伴う非ローカルの運用管理セッションの確立時には、多要素主体認証を要求するとともに定期的及び重大な脆弱性の公表時に脆弱性スキャンを実施し、適時の脆弱性対策を行うこと。

- (8) システムの欠陥の是正及び脆弱性対策について、対策計画を策定し実施するとともに、システムの欠陥の是正及び脆弱性対策等の情報セキュリティ対策が有効に機能していることの継続的な監視と確認を行うこと。
- (9) 委任をし、又は下請負をさせた場合は、当該委任又は下請負を受けた者に対して、業務担当者が遵守すべき情報セキュリティ対策についての教育・訓練等を行うこと。
- (10) 契約条項に基づき甲が乙に対して行う情報セキュリティ対策の実施状況についての監査の結果、情報セキュリティ対策の履行が不十分である場合には、甲と協議の上改善を行い、甲の承諾を得ること。
- (11) 契約の履行期間を通じて前各号に示す情報セキュリティ対策が適切に実施されたことの報告を含む検収を受けること。また、本契約の履行に関し、甲から提供を受けた情報を含め、本契約において取り扱った情報の返却、廃棄又は抹消を行うこと。